

Optical spectroscopy of wide-bandgap II-VI semiconductor strained-layer superlattices

著者	Yamada Yoichi
内容記述	Thesis (Ph.D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 1087, 1993.3.25
発行年	1993
URL	http://hdl.handle.net/2241/4954

氏 名(本 籍)	山 田 陽 一 (山 口 県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1087 号
学位授与年月日	平成 5 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物 理 学 研 究 科
学位論文題目	Optical Spectroscopy of Wide-Bandgap II-VI Semiconductor Strained-Layer Superlattices (ワイドバンドギャップII-VI族半導体歪超格子の分光学的研究)
主 査	筑波大学教授 理学博士 阿 部 聖 仁
副 査	筑波大学教授 理学博士 長 澤 博
副 査	筑波大学教授 理学博士 福 谷 博 仁
副 査	筑波大学教授 理学博士 舩 本 泰 章

論 文 の 要 旨

硫化亜鉛(ZnS)、セレン化亜鉛(ZnSe)、硫化カドミウム(CdS)に代表されるワイドバンドギャップII-VI族化合物半導体は、紫外-青色-緑色波長領域にその吸収端を有し、直接遷移型のバンド構造を有する。従って、このワイドバンドギャップII-VI族化合物半導体は、III-V族化合物半導体では果たせない短波長領域における光電子デバイス材料として最も期待され、基礎及び応用面の両観点から多くの研究がなされている。しかしながら、それらを用いた超格子及び量子井戸構造に関しては、その研究の歴史は浅く、物性制御・設計を行う上での理解の現状は充分であるとは言い難い。

本研究は、ワイドバンドギャップII-VI族化合物半導体を用いた超格子構造に特徴的な物性を、光学的手法を用いて解明することを目的としている。そこで、その光学的性質を特徴づける2つの要素に着目し、研究を行っている。

第一の要素は、バンド構造を理解することである。半導体ヘテロ界面において、伝導帯及び価電子帯に形成されるバンド不連続(バンドオフセット)の値は、その系が示す光学的性質を大きく左右する重要なパラメータである。特に、II-VI族半導体を用いた組み合わせは、そのほとんどが格子不整合に伴う弾性歪を内蔵している。そのため、バンド構造はその格子歪の影響を受け、大きく変化する。著者は、静水圧を利用した実験により、ZnSe-ZnS歪超格子の伝導帯オフセットの値を決定した。この決定は、静水圧下において、そのバンド構造がタイプIからタイプIIへ変化することに基づいて導出されている。また、このタイプ変化は井戸層と障壁層のT点における伝導帯端の

交差によって説明されている。この実験結果は格子歪がバンド構造に与える影響を定量的に解析した結果と矛盾なく説明された。

第二の要素は、励起子の示す光物性を理解することである。ワイドバンドギャップII-VI族半導体歪超格子中の励起子は、非常に大きな束縛エネルギーを有している。この励起子の性質を顕著に表す現象が光学利得の生成機構、即ち、レーザ発振機構に観測されている。まず、 $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}-\text{ZnS}$ 歪超格子を光励起することにより室温において紫外誘導放出光が測定されている。この誘導放出光は、これまでに半導体レーザ材料において報告されている中では最短波長として位置づけられ、この材料系が紫外半導体レーザ材料として、最も有望な候補であることを示している。次に、光学利得スペクトルの測定から、その光学利得の生成に励起子が関与していることが示されている。そこで、励起子が関与した光学利得の生成機構として、不均一広がりを有する系に位相空間占有効果の概念を拡張したモデルに基づいて光学利得スペクトルを解析的に導出している。この解析は、励起子の局在化を考慮したものである。この解析結果は、実験結果を非常に良く説明している。即ち、ワイドバンドギャップII-VI族半導体歪超格子における光学利得の生成機構は、局在励起子状態を介した励起子の反転分布によって説明されている。

審 査 の 要 旨

著者はワイドバンドギャップII-VI族半導体を用いた歪超格子構造について、そのバンド構造を実験的に初めて解明している。また、格子歪がバンド構造に与える影響を解析的に導出し、実験結果と矛盾なく説明できることを明らかにしている。この結果は、歪を内蔵する系のバンド構造を解析する上での一つのアプローチ法を与えるものである。

また、紫外波長領域で動作する最短波長レーザ材料を初めて見出し、その光学利得の生成機構を、励起子の局在化を考慮することによって説明している。

本研究で得られた結果は、今後、このワイドバンドギャップII-VI族半導体歪超格子の物性制御・設計を行う上で、大きなインパクトを与えるものであり、その研究成果は高く評価できる。

よって著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。